

## エレクトロルミネッセンス素子および表示装置

### BACKGROUND OF THE INVENTION

#### Field of the Invention

本発明は情報表示装置に関する。特に自発光表示装置に関し、さらにはエレクトロルミネッセンス（EL）表示装置に関する。また、該表示装置を表示部に用いた電子機器に関する。

#### Description of the Related Art

近年、平面表示装置（フラットディスプレイ）が多くの分野、場所で使われており、情報化が進む中でますます重要性が高まっている。現在、フラットディスプレイの代表と言えば液晶ディスプレイ（LCD）であるが、LCDとは異なる表示原理に基づくフラットディスプレイとして、有機EL、無機EL、プラズマディスプレイパネル（PDP）、ライトエミッティングダイオード表示装置（LED）、蛍光表示管表示装置（VFD）、フィールドエミッションディスプレイ（FED）などの開発も活発に行われている。これらの新しいフラットディスプレイはいずれも自発光型と呼ばれるもので、LCDとは次の点で大きく異なりLCDには無い優れた特徴を有している。

LCDは受光型と呼ばれ、液晶は自身では発光することなく、外光を透過、遮断するいわゆるシャッターとして動作し表示装置を構成する。このため光源を必要とし一般にバックライトが必要である。これに対して自発光型は装置自身が発光するため別光源が不要である。LCDの様な受光型では表示情報の様態に拘わらず常にバックライトが点灯し、全表示状態とほぼ変わらない電力を消費することになる。これに対して自発光型は、表示情報に応じて点灯する必要のある箇所だけが電力を消費するだけなので、受光型表示装置に比較して電力消費が少ないという利点が原理的にある。

同様にLCDではバックライト光源の光を遮光して暗状態を得るため少量であっても光漏れを完全に無くす事は困難であるのに対して、自発光型では発光しな

い状態がまさに暗状態であるので理想的な暗状態を容易に得ることができコントラストにおいても自発光型が圧倒的に優位である。

また、LCDは液晶の複屈折による偏光制御を利用しているため、観察する方向によって大きく表示状態が変わるいわゆる視野角依存性が強いが、自発光型ではこの問題がほとんど無い。

さらに、LCDは有機弾性物質である液晶の誘電異方性に由来する配向変化を利用するため、原理的に電気信号に対する応答時間が1ms以上である。これに対して、開発が進められている上記の技術では電子／正孔といったいわゆるキャリア遷移、電子放出、プラズマ放電などを利用しているため、応答時間はns桁であり液晶とは比較にならないほど高速であり、LCDの応答の遅さに由来する動画残像の問題が無い。

これらの中でも特に有機ELの研究が活発である。有機ELはOEL (Organic EL) 又は有機ライトエミッティングダイオード (OLED: Organic Light Emitting Diode) とも呼ばれている。

OEL素子、OLED素子は陽極と陰極の一对の電極間に有機化合物を含む層 (EL層) を挟持した構造となっており、Tang等の「アノード電極／正孔注入層／発光層／カソード電極」の積層構造が基本になっている。(特許第1526026号明細書参照)

また、Tang等が低分子材料を用いているのに対して、中野らは高分子材料を用いている。(特開平3-273087号公報参照)

また、正孔注入層や電子注入層を用いて効率を向上させたり、発光層に蛍光色素等をドーピングして発光色を制御することも行われている。

有機ELを用いた表示装置の製造方法として、インクジェットの吐出装置を用いて発光材料を吐出して発光層を形成することが知られており、従来に幾つかの方法が提案されている。(例えば、特開2002-164181号公報、国際公開第00/59267号パンフレット及び特開2001-85161号公報参照)

従来方法では、後述する様に溶液状の発光材料インクを保持する隔壁角部での電極断線とメニスカス現象によるEL層膜厚の不均一が大きな問題である。特開

2002-164181号公報にある隔壁の形状を図4の様に滑らかにすることで隔壁角部での断線の問題は解決する事ができる。しかしながら、メニスカス現象によるEL層膜厚の不均一の問題は解消されない。

メニスカス現象による膜厚の不均一の問題は、EL発光層だけでなく、その他の機能層、例えば、正孔注入層、正孔輸送層、電子注入層、電子輸送層でも溶液形成した場合には同様の問題が発生する。

従来からこの問題を解決する方法としてインクジェット法による有機EL表示装置の製造方法で、インク溶液状態の発光層を膜化する際に強制的に溶媒を蒸発乾燥させる事が既報告されている。

例えば、国際公開第00/59267号パンフレットでは沸点の高い溶媒を用いて、インク化した発光材料を基板上に供給打ち分けた後、基板を熱処理している。これは高沸点溶媒を使う事で溶媒の蒸発速度を遅くし、自然乾燥する時間を長くする事で基板に発光層を全面形成した後でも基板加熱による乾燥の効果を得ようとするものである。ただし、高沸点溶媒を完全に除去するためには、より高い温度での加熱処理が必要であり、発光材料が劣化してしまうという問題が避けられない。この問題は、初期の発光特性では劣化が見られなくても、特に発光寿命の短寿命化に対して影響が大きい。仮に、十分な高温で加熱処理を行なわないとすれば、発光層の熱劣化の問題は生じないが、膜化した発光層内部に溶媒が残留する事となり発光層の信頼性が大きく損なわれる。

特開2001-85161号公報では発光層材料の軟化点よりも高い温度で加熱処理しており、上と同様に劣化の問題がある。

インクジェット法による有機ELディスプレイの作製方法について説明する。

図5に示す様に、基板上の所定の開口部に溶液状のEL材料インクを微細加工されたノズルにより精密に吐出する。

通常インクジェット法により発光層を形成する場合は、図6のように1画素毎にドット状に発光材料インクを吐出して形成する。これに合わせて隔壁も形成する。図3、図4は図6中A $\longleftrightarrow$ BあるいはC $\longleftrightarrow$ Dの断面を表している。

隣接する複数の画素で同じ発光色の発光層を形成する場合、例えばパッシブマトリクス表示装置のデータラインや、アクティブマトリクス表示装置であっても

ストライプ画素配置の場合には、同様にデータラインに同一の発光色を形成することができる。このような場合には、図7のように隔壁開口部もライン状に形成することが出来る。この場合には、インクジェット法に加えていわゆるディスペンサ法による発光層の形成も可能である。

図5では基板表面が平坦に描かれているが、実際は図3の様に基板上に5  $\mu$ m 前後程度高の隔壁を形成して吐出されたインクを保持する。このような微細隔壁の内部に溶液を吐出すると、液体の表面張力によるいわゆるメニスカス表面状態が形成されることが避けられない。EL材料インクが、このメニスカス表面形状のまま溶媒が蒸発して乾燥すれば、インク状態でのメニスカス表面形状がそのまま反映され、図3に示す様にEL層の膜厚が不均一となってしまう。

EL材料インクが、このメニスカス表面形状のまま溶媒が蒸発して乾燥すれば、インク状態でのメニスカス表面形状がそのまま反映され、図3に示す様にEL層の膜厚が不均一となってしまう。これまでは、この様に膜厚が不均一なEL層では、画素内で均一な発光状態を得ることが出来ず、特に中間調である階調表示制御が困難であるという問題があった。

別に対向電極の断線の問題も重要である。通常、対向電極は金属薄膜を蒸着形成するので、100nmから厚くても500nmが安定に形成できる限界である。それ以上厚くすると、もはや薄膜では無くなるので、金属それ自身の張力によって、めくれ上がって剥離する危険性が増加する。この範囲の膜厚では、隔壁が5  $\mu$ m以上の高さの場合、図3に示す様に200隔壁のコーナー部で、断線が発生し易くなり、EL層に電界が印加されない不良画素が多く発生する。

以上、主としてインクジェット方式によるEL層を形成する場合について説明したが、これはインクジェット法の場合に、膜厚不均一の問題が最も顕著に現れ易いからであって、他の方法によってEL層を形成する場合であっても、画素内膜厚が不均一になるという問題を完全に解決する事は容易ではない。例えば、キャスト法、交互吸着法、スピンドット法、ディップ法等ではインクジェット法と同様に、ウェットプロセスであるために膜厚不均一の問題が発生し易い。さらに、蒸着法であっても、マスクと基板面との接触を防ぐために、上記のような隔壁を用いる事が報告されており、その様な場合には隔壁近傍で膜厚が不均一になる事

があり、その様な場合には同様の問題がある。

#### **SUMMARY OF THE INVENTION**

本願は、以上の点に注目をして成されたものであって、E L層の加熱や溶媒の残留による特性劣化が無く、膜厚が不均一であっても実用的な表示装置を提供することを目的とする。

また、上記と同様な課題が発生する塗布タイプの無機分散E L等においても本発明を用いて課題を解決することができる。

本発明は、発光層に印加する電圧によって発光領域が変化する事を特徴とするエレクトロルミネッセンス素子を画素単位とし、画素が発光しない低電圧値を非選択状態、当該画素内の発光領域が飽和する高電圧値を選択状態とするデジタル階調駆動方法により駆動する表示装置により、前記課題を解決することができる。このデジタル階調駆動法としては時間分割階調駆動法、あるいは面積分割階調駆動法若しくは時間分割階調駆動法と面積分割階調駆動法との組み合わせによる方法により駆動する事が出来る。

また、本発明は特に溶液タイプの材料をインクジェット方式によって形成する場合に有効であるが、その他のウエットプロセス、あるいは非溶液タイプの材料を、例えば蒸着によって形成する場合であっても、電圧によって発光領域が変化する特徴によって、同様に本発明を使用して課題を解決する事ができる。

本発明を用いることにより、エレクトロルミネッセンス材料の特性を劣化させることなく、階調表示に優れた実用的な表示装置を作製することができる。

さらには、この表示装置を搭載した実用的な電子機器を提供することができる。

#### **BRIEF DESCRIPTION OF THE DRAWINGS**

図1は、本発明の実施例のエレクトロルミネッセンス素子の動作を示す説明図である。

図2は、本発明の実施例のエレクトロルミネッセンス素子の動作特性を示す特性図である。

図 3 は、従来の表示装置の断面構成図である。

図 4 は、改良された従来の表示装置の断面構成図である。

図 5 は、インクジェット法による有機 EL 表示装置の作製方法を示す構成図である。

図 6 は、本発明の表示装置の画素配置の正面図である。

図 7 は、本発明の表示装置の画素配置の他の正面図である。

図 8 は、有機 EL 素子の断面構成図である。

図 9 は、有機 EL 素子の他の断面構成図である。

図 10 は、アクティブ駆動有機 EL 表示装置の画素の構成を示す回路図である。

図 11 は、アクティブ駆動有機 EL 表示装置のマトリクス画素構成を示す構成図である。

図 12 は、本発明の表示装置を搭載した電子機器の例である。

#### DESCRIPTION OF THE PREFERRED EMBODIMENT

本発明の実施の形態について、図を参照して、詳しく説明する。

本明細書においては画素電極と対向電極が陽極、陰極のいずれかに相当し一対の電極を構成する。その間に設けられる全ての層を総称して EL 層と呼び、上記の正孔注入層、正孔輸送層、発光層、電子輸送層、電子注入層がこれに含まれる。

図 8 に有機 EL 素子の断面構造を示す。

有機 EL は電極間に電場を印加し、EL 層に電流を通じることで発光するが、従来は一重項励起状態から基底状態に戻る際の蛍光発光のみを利用していたが、最近の研究により三重項励起状態から基底状態に戻る際の燐光発光を有効に利用することができるようになり、効率が向上している。

通常、ガラス基板やプラスチック基板といった透光性基板 2 に透光性電極 3 を形成してから、EL 層 5、対向電極 6 の順に形成して製造される。一般には陽極が ITO などの透光性電極、陰極が金属で構成され非透光性電極であることが多い。

図 8 では図示しないが、有機 EL 素子は水分や酸素による特性劣化が著しいため、一般には素子が水分や酸素に触れない様に不活性ガスを充満した上で別基板

を用いたり、薄膜蒸着により、いわゆる封止を行ない信頼性を確保している。

有機EL素子をディスプレイとして利用する場合、LCDと同様に電極構成と駆動方法により、パッシブマトリクス方式とアクティブマトリクス方式に大別することが出来る。パッシブマトリクス方式はEL層を挟んで互いに交差する水平方向電極と垂直方向電極により、一対の電極を構成するもので構造が簡単であるが、画像を表示するためには、時分割走査により走査線の本数倍だけ瞬間輝度を高めなければならず、通常のVGA以上のディスプレイでは $10000\text{cd/m}^2$ を上回る有機ELの瞬間輝度が必要であり、ディスプレイとしては実用上多くの問題がある。アクティブマトリクス方式はTFTなどを形成した基板に画素電極を形成し、EL層、対向電極を形成するもので、パッシブマトリクス方式に比べて、構造は複雑であるが発光輝度、消費電力、クロストークといった多くの点で有機ELディスプレイとして有利である。

さらに、多結晶シリコン（ポリシリコン）膜や連続粒界シリコン（CGシリコン）膜を用いたアクティブマトリクス方式ディスプレイでは、アモルファスシリコン膜よりも電荷移動度が高いため、TFTの大電流処理が可能であり、電流駆動素子である有機ELの駆動に適している。また、ポリシリコンTFT、CGシリコンTFTでは高速動作が可能であることにより、従来、外付けのICで処理していた各種制御回路を、ディスプレイ画素と同一基板上に形成し、表示装置の小型化、低コスト化、多機能化等多くのメリットがある。

図10はアクティブマトリクス有機EL表示装置の代表的な画素回路構成である。11走査線G、12データ信号線D、13電源供給線Vの各バスラインに加えて、14スイッチング用TFT、15ゲート保持容量、16駆動用TFTと17EL素子で構成される。走査線Gで選択されたスイッチング用TFTのゲートがオープンされ、データ信号線Dから発光強度に応じた信号電圧がTFTソースに加えられると、駆動用TFTのゲートが信号電圧の大きさに応じてアナログ的にオープンされ、その状態がゲート保持容量で保持される。電源供給線Vから駆動用TFTのソースに電圧が印加されると、ゲートの開き具合に応じた電流がEL素子に流れ、信号電圧の大きさに応じて階調的に発光する。図11は18画素をマトリクス状に配置した実際の表示装置の構造である。

パッシブマトリクス方式であっても、走査線数の少ない簡単なディスプレイであれば、構造の簡単さを活かして実用的な装置を実現する事は出来る。さらには、従来の蛍光発光材料に加えて、燐光発光材料の開発が進められており、発光効率が大幅に向上している。これらの高発光効率の発光材料を利用することで、パッシブマトリクス方式の従来の問題が解決される可能性がある。

図9の様に、発光10を基板とは反対方向に取り出すトップエミッション構造も研究が進められている。トップエミッション構造に対しては、図8の構造はボトムエミッション構造と呼ばれることもある。トップエミッション構造は、特にアクティブマトリクス方式の表示装置においてTFTやバスラインといった回路構成によって、発光面積率が制限される事がなく、より多機能で複雑な回路が形成できる事から、将来有望な技術として開発が進められている。

本発明においては有機ELは上記いずれの技術を用いても良い。

カラー化を達成する方法としては、最も基本的なR、G、B3色の有機EL材料を表示装置の画素毎に精密に配置する3色並置方式の他に、白色発光層とR、G、B3色のカラーフィルター(CF)を組み合わせるCF方式と青色発光層とR、Gの蛍光変換色素フィルターとを組み合わせるCCM(Color Changing Medium)方式がある。

カラー化の方式を比較すると、CF方式では白色発光材料が必要であるが、照明用途としての見掛けの白色有機EL材料は実現しているが、R、G、B3色のスペクトルを備えた真の白色有機EL材料は未だ実現しておらず、またカラーフィルターを使用するために発光の利用効率が1/3になってしまう欠点がある。CCM方式では、青色発光材料のみを使用するため、その発光効率とCCMフィルターのR、Gへの変換効率が重要であるが、十分な効率を得ることは容易ではなく実用にはなっていない。CF方式のLCDがテレビ映像の再現性に難点があるのと同様に、色再現性の点でCF方式は不十分である。CCM方式も1種のフィルター方式であり、この点は同様であり、3色並置方式は各色発光材料の材料組成を微妙に調整する事で、色再現性に優れている。また、CF方式やCCM方式はフィルターを使用するため素子が厚くなったり、部品点数が多くなるなど、総合的に3色並置方式が有利である。



3色並置の微細画素を形成する方式としては、低分子材料ではマスク真空蒸着法が用いられ、高分子材料では溶液化してインクジェット法や印刷法、転写法などが用いられる。最近では、塗布可能な低分子材料も開発されている。

3色並置によるカラーディスプレイを考えた場合、低分子材料のマスク真空蒸着法では、真空装置および蒸着マスクの制限から大型化への対応及び大型基板を用いての多数枚作製が困難であるという問題がある。この事は開発段階での試作程度の作製であれば問題が無いが、本格的な生産段階ではタクトとコストの面で市場の要請に応えることが難しい事を意味している。一方、高分子材料や塗布可能な低分子材料ではインクジェット法、印刷法、キャスト法、交互吸着法、スピンドット法、ディップ法等のウェットプロセスによる成膜が出来るため、上記の大型基板対応への問題は少なく、特にインクジェット法であれば高精細ディスプレイの作製も可能であるため将来的に最も有力な方法であると言える。

また、マスク真空蒸着法では画素部分に選択的に発光材料を配置するためには、材料の大半がマスクに付着して材料利用効率が著しく低くなってしまう。

これに対して、インクジェット法は必要な画素部分にのみ発光材料を選択的に配置させる事が出来るので、最も材料利用効率の高い方法である。

本発明では、加熱処理等のEL層劣化の恐れのある処理は行わず、図4に示す画素内で膜厚に分布のある有機EL素子を用いる。

この様な有機EL素子において、発明者は図1の様に電圧変化によって、発光領域が増減する事を見出した。図1(a)は電圧が発光閾値未満の状態であり、電圧を上昇していくと、22発光部の領域が徐々に広がって行き、同図(d)に示す様に発光領域が飽和する。

これまで、例えばインクジェット法によって、「井上による、Vol. 22、No. 11、Oplus E、p1433-1440、『カラーポリマーELディスプレイ』」や「Morii等による、『Characterization of Light-emitting Polymer Devices Prepared by Ink-jet Printing』、We-07、Proceedings of The 10th international Workshop on Inorganic and Organic

Electroluminescence」に詳細が説明されているが、発明者らが見出した現象は記載されていない。

特開2002-164181号公報の段落番号0010には、対向電極領域内の一部分でEL層が薄くなると、EL層が薄くなった部分に電界が集中し、EL層が薄くなったところでしか発光が起こらないことが記載されている。ただし、これはここで言う薄くなった部分のEL層膜厚が対向電極と短絡するほどの極薄状態での現象であり、通常電極間短絡が発生しない程度の膜厚であれば上記の様な現象は発生しない。

本発明では、一对の電極が対向して電界が印加される素子領域内で発光層の最小膜厚部の膜厚が10nm以上、好ましくは20nm以上となる様に形成することで、上記の特開2002-164181号公報にあるような現象は発生しない。さらに、一对の電極が対向して電界が印加される素子領域において、発光層の最大膜厚部の膜厚が最小膜厚部の膜厚の300%以内、好ましくは220%以内となる様に形成することで、図1の様に電圧の変化によって発光領域が増減する素子を安定に作製することができる。最小膜厚部の膜厚は、薄すぎれば上述の様に電極短絡が問題となるが、逆に厚すぎると有効な電界を発光層に印加するための電圧が高くなってしまうので実用上500nmが上限である。

ここで最小膜厚及び、最大膜厚の最小膜厚に対する膜厚比について“好ましくは”としているのは、それぞれの第1の構成範囲を第2の好ましい範囲とすることで、再現安定性により優れた結果を得ることができ、製品歩留まりを高め、コスト優位性を高められることを表している。

本発明において、発光層は、好ましくはメニスカス形状、すなわち中心部分が最小膜厚部となる凹部形状か、もしくは周辺部が最小膜厚部となる凸部形状であることが好ましく、特に形成が容易である点から、中心部分が最小膜厚部となる凹部形状であることが好ましい。なお、これらのメニスカス形状は発光層上に形成される電極の断線防止等の観点から、なるべくなだらかな曲面で形成されていることが好ましい。

図2に本発明の図1の素子の発光輝度特性を模式的に示す。図1(a)は電圧が発光閾値未満の状態であり、電圧を上昇していくと、22発光部の領域が徐々

に拡大する。図1 (b)、図1 (c)、図1 (d) と電圧上昇によって、発光領域が拡大するとともに、局所的な単位面積あたりの輝度も増加していくが、発光領域はある電圧以上で飽和するので、見かけ上緩やかな非線型性を有している。この緩やかな非線型性は発光領域の飽和に由来するので電流に対しても同様である。

本発明の有機EL素子を表示装置として駆動するためには、デジタル階調駆動法が適している。

有機EL表示装置の回路構成、駆動方法としては図10、図11の基本回路構成の他にTFTの数を更に多くしたもの、例えば「Yumotoらの『Pixel-Driving Methods for Large-Sized Poly-Si AM-OLED Displays』 Asia Display / IDW '01 P. 1395-1398」が報告されているが、これらは基本的に従来の有機EL素子の電圧-輝度特性あるいは電流-輝度特性上の任意の電圧あるいは電流に対して、輝度を制御するアナログ階調駆動法である。

本発明の有機EL素子では、表示装置の画素単位にあたる、これらの素子の輝度が発光領域の増減と局所的な輝度の増減という異なる2種類の要因によって変化するため、任意の電圧、電流に対して輝度を正確に制御することが、ある程度以上の面積の表示装置面内での均一性や再現性といった実用的な観点からは困難である。

これに対して、図2に示す図1 (a) の状態により消灯 (OFF) 状態、図1 (d) の状態により点灯 (ON) 状態を制御するデジタル駆動法であれば、輝度の制御が容易であり有効である。

デジタル駆動法で表示装置に必要な階調表示を行うには、時間分割階調駆動法、あるいは面積分割階調駆動法若しくは時間分割階調駆動法と面積分割階調駆動法との組み合わせた方法を使用することが有効である。

有機EL素子をデジタル階調駆動する技術としては、時分割階調「Mizukamiらの『6-bit Digital VGA OLED』 SID '00 P. 912-915」、面積分割階調「Miyashitaらの『Full Color Displays Fabricated by Ink-Jet

Printing』Asia Display/IDW'01 P. 1399-1402」、時分割階調と面積分割階調を組み合わせたもの「井上による、Vol. 22、No. 11、O plus E、p1433-1440、『カラーポリマーELディスプレイ』」がある。

いずれもアクティブマトリクス表示の場合の駆動TFT（図10で16）のオン抵抗の表示装置内バラツキの影響を補償するためのものである。これらは基板上へのポリシリコン薄膜の成膜に関して、結晶粒の大きさや粒界の制御といったポリシリコン膜の移動度を決定する均一成膜技術が未熟であるために採用されている。

言い換えればポリシリコン膜の均一成膜技術が向上すれば階調数の多さ、消費電力の低さといった基本的な性能面で前述したアナログ階調が有利であるために、必要性は低くなる。

これに対して、本発明ではデジタル階調駆動法が本質的に必要であり、ポリシリコン膜の均一成膜技術が向上したとしても重要であり、またパッシブマトリクス表示装置でも重要である。

以上の様に、本発明は当然、既知でないばかりでなく、いずれの既存技術とも明白に異なるものであり、得られる効果も顕著である。

以上の本発明を用いて提供される表示装置を表示部1として搭載した図12に示すような20機器として、19操作部を備えた携帯電話やPDA（Personal Digital Assistant）タイプの端末、PC（Personal Computer）、テレビ受像機、ビデオカメラ、デジタルカメラなどを提供する事ができる。

以上、本願について説明したが実施例に基づきさらに本願を詳しく説明する。  
なお、本願はこれに限定されるものではない。

## EXAMPLES

### (実施例1)

本発明の実施例として下記の溶液を調製した。

## (有機EL層形成用塗布液の調製)

・ポリビニルカルバゾール	70重量部
・オキサジアゾール化合物	30重量部
・クマリン6 (※蛍光色素)	1重量部
・1, 1, 2-トリクロロエタン (溶媒)	633重量部

※蛍光色素がクマリン6の場合は501nmをピークに持つ緑色発光、ペリレンの場合は460～470nmをピークに持つ青色発光、DCMの場合は570nmをピークに持つ赤色発光が得られ、これらを各色の発光材料として用いた。

## (EL表示装置の作製)

図4の断面形状の如き電極および隔壁を形成した基板を用意した。隔壁が電極絶縁層を兼ねる様に電極端を覆う配置とした。電極はITO、ネサ膜やIZOなどの透明電極を成膜、2000Å厚とし、エッチングによりパターン形成した。隔壁は感光性のアクリル樹脂を用いて5μm高さに形成した。

透明電極を用いるのはボトムエミッションの素子構造であり透明基板を用いる。電極に金属を用いてトップエミッション素子構造とする事もできる。電極開口部は100μm×300μmの長方形形状とした。

基板を洗浄後、いわゆるバッファ層として正孔注入性を有するPEDOT/PSS (ポリチオフェン: Bayer CH8000) をスピンコートにより80nm塗布し、160℃で焼成して形成した。上記有機EL層形成用塗布液をPEDOT上の画素開口部にインクジェット法により吐出し、80℃で乾燥することにより発光層を形成した。続いてMgAg合金 (Mg:Ag=10:1) を厚さ150nmになるように蒸着し、その上に保護層としてAgを200nmの厚みになるように蒸着し、陰電極を形成した。

いわゆるTFT基板を用いてアクティブマトリクス表示装置を作製する場合は陰電極は全面形成とし、パッシブマトリクス表示装置を作製する場合は、基板上の電極パターンと直交するようにストライプ形状に形成する。

発光層の形状を原子力間顕微鏡 (AFM) で観察したところ、図4の如きメニスカス形状である事が確認された。発光層インクの溶剤、濃度、粘度等を調製することにより、メニスカス形状を解消して平坦な発光層とすることを試みたが達

成する事は出来なかった。同様の手段により、一対の電極が対向して電界が印加される素子領域内で発光層の最小膜厚部の膜厚が10nmで、さらに、一対の電極が対向して電界が印加される素子領域において発光層の最大膜厚部の膜厚が最小膜厚部の膜厚の300%以内となる様に成膜した。

電極間に直流電界を印加して画素開口部の発光の様子を観察したところ、図1の様に電圧の変化によって発光領域が増減する事を確認した。

この表示装置をオフ状態を電圧無印加、オン状態は発光領域が飽和する電圧として、6ビット分割信号による時間分割階調表示制御回路を接続して画像信号を入力することにより表示性能に優れたカラー表示を得ることができた。

#### (実施例2)

実施例1で一対の電極が対向して電界が印加される素子領域内で発光層の最小膜厚部の膜厚が20nmで、さらに、一対の電極が対向して電界が印加される素子領域において、発光層の最大膜厚部の膜厚が最小膜厚部の膜厚の220%以内となる様に成膜した以外は、実施例1と同様に行った。

電極間に直流電界を印加して画素開口部の発光の様子を観察したところ、図1の様に電圧の変化によって発光領域が増減する事を確認した。

この表示装置をオフ状態を電圧無印加、オン状態は発光領域が飽和する電圧として、6ビット分割信号による時間分割階調表示制御回路を接続して画像信号を入力することにより、表示性能に優れたカラー表示を得ることができた。

実施例1よりも低電圧駆動で同一輝度を得る事が出来、さらに階調反転エラーが減少して、画質の向上したカラー表示を得ることができた。

#### (実施例3)

実施例1、実施例2で2ビット画素分割とした素子構造として実施例1、実施例2と同様に4ビット分割信号による時間分割階調と2ビット分割信号による画素分割階調とを組み合わせた表示制御回路を接続して画像信号を入力することにより、表示性能に優れたカラー表示を得ることができた。

実施例1、実施例2よりも時間分割階調数を少なくする、すなわち駆動周波数を低くして回路負担を低減したにもかかわらず、合計で256階調が可能であり、いわゆるフルカラー表示を達成することが出来た。駆動ICを外付けする場合は、

6ビット以上の時間分割階調であっても問題は無いが、ポリシリコンで基板上に駆動ドライバーを一体化する場合は、その移動度が結晶シリコンほど高くないので、動作周波数が問題となるため、本実施例の階調駆動法が有利である。

以上、本発明の実施例について説明したが、本発明はこれに限定されるものではない。

**WHAT IS CLAIMED IS:**

1. 少なくとも基板と、基板上に形成される電極と電気発光層から構成されるエレクトロルミネッセンス素子であって、一対の電極が対向して電界が印加される素子領域において、発光領域の面積が変化することを特徴とするエレクトロルミネッセンス素子。

2. 前記発光領域が、単位面積あたりの輝度の変化を伴って変化することを特徴とする請求項1記載のエレクトロルミネッセンス素子。

3. 一対の電極が対向して電界が印加される素子領域において発光層の最大膜厚部の膜厚が最小膜厚部の膜厚の300%以内である事を特徴とする請求項1記載のエレクトロルミネッセンス素子。

4. 一対の電極が対向して電界が印加される素子領域において発光層の最大膜厚部の膜厚が最小膜厚部の膜厚の300%以内である事を特徴とする請求項2記載のエレクトロルミネッセンス素子。

5. 前記発光層の最大膜厚部の膜厚が最小膜厚部の膜厚の220%以内である事を特徴とする請求項3記載のエレクトロルミネッセンス素子。

6. 前記発光層の最大膜厚部の膜厚が最小膜厚部の膜厚の220%以内である事を特徴とする請求項4記載のエレクトロルミネッセンス素子。

7. 前記発光層の最小膜厚部の膜厚が10nm以上500nm以下である事を特徴とする請求項3記載のエレクトロルミネッセンス素子。

8. 前記発光層の最小膜厚部の膜厚が10nm以上500nm以下である事を特徴とする請求項4記載のエレクトロルミネッセンス素子。

9. 請求項1記載のエレクトロルミネッセンス素子を画素単位とし、画素が発光しない低電圧値を非選択状態、当該画素内の発光領域が飽和する高電圧値を選択状態とするデジタル階調駆動方法により駆動することを特徴とする表示装置。

10. 請求項2記載のエレクトロルミネッセンス素子を画素単位とし、画素が発光しない低電圧値を非選択状態、当該画素内の発光領域が飽和する高電圧値を選択状態とするデジタル階調駆動方法により駆動することを特徴とする表



示装置。

1 1. 前記デジタル階調駆動法が時間分割階調駆動法、あるいは面積分割階調駆動法若しくは時間分割階調駆動法と面積分割階調駆動法との組み合わせである事の特徴とする請求項 1 記載のエレクトロルミネッセンス表示装置。

1 2. 前記デジタル階調駆動法が時間分割階調駆動法、あるいは面積分割階調駆動法若しくは時間分割階調駆動法と面積分割階調駆動法との組み合わせである事の特徴とする請求項 2 記載のエレクトロルミネッセンス表示装置。

1 3. 前記エレクトロルミネッセンス素子が少なくとも発光層をインクジェット法、印刷法、キャスト法、交互吸着法、スピン塗布法、ディップ法、ディスペンサ法のウェットプロセスにより形成したものであることを特徴とする請求項 1 記載のエレクトロルミネッセンス表示装置。

1 4. 前記エレクトロルミネッセンス素子が少なくとも発光層をインクジェット法、印刷法、キャスト法、交互吸着法、スピン塗布法、ディップ法、ディスペンサ法のウェットプロセスにより形成したものであることを特徴とする請求項 2 記載のエレクトロルミネッセンス表示装置。

1 5. 前記請求項 1 記載の表示装置を表示部に用いた電子機器。

1 6. 前記請求項 2 記載の表示装置を表示部に用いた電子機器。

**ABSTRACT OF THE DISCLOSURE**

少なくとも基板と、基板上に形成される電極と電気発光層から構成されるエレクトロルミネッセンス（EL）素子と、その素子を画素単位として使用する表示装置に関し、EL層の加熱や溶媒の残留による特性劣化が無く、膜厚が不均一であっても実用的な表示装置を提供することを目的とする。印加する電圧によって発光領域が変化するエレクトロルミネッセンス素子を画素単位として、画素が発光しない低電圧値を非選択状態、当該画素内の発光領域が飽和する高電圧値を選択状態とするデジタル階調駆動方法により駆動する表示装置。本発明を用いることにより、膜厚不均一であっても、階調制御性に優れた実用的な表示装置を提供することができる。